

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平7-503337

第6部門第4区分

(43)公表日 平成7年(1995)4月6日

(51)Int.Cl.*

識別記号

庁内整理番号

F I

G 1 1 B 5/66

9196-5D

C 2 2 C 19/00

H 7217-4K

C 2 3 C 14/06

T 9271-4K

14/24

P 9271-4K

7371-5E

H 0 1 F 1/00

Z

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-511674
 (86)(22)出願日 平成4年(1992)12月7日
 (85)翻訳文提出日 平成6年(1994)7月1日
 (86)国際出願番号 PCT/US92/10485
 (87)国際公開番号 WO93/12928
 (87)国際公開日 平成5年(1993)7月8日
 (31)優先権主張番号 817, 282
 (32)優先日 1992年1月3日
 (33)優先権主張国 米国 (US)
 (81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), JP, KR

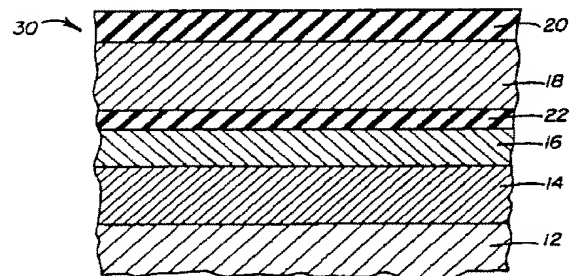
(71)出願人 コナー ペリフェラルズ インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 95134-2128 サン ホセ ザンカー ロード 3081
 (72)発明者 リード ウィリアム ビー
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 95122 サン ホセ ロバーツ アベニュー 1682
 (74)代理人 井理士 中村 稔 (外6名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 軟磁性材料を用いた磁気記録媒体

(57)【要約】

ソフトな磁気層(18)と比較的薄い磁気記録層(16)とを分離する非磁気層(22)の薄層を用いた磁気記録媒体を開示する。本発明の磁気記録媒体は、慣用的な磁気記録材料を取り入れることができ、薄い非磁気層(22)はシリコン、クロム又はカーボンで形成できる。磁気記録媒体は、スパッタリング又は他の蒸着方法により製造できる。本発明による磁気記録媒体の製造方法は、基板(12)上に直接蒸着するか、任意により核層(14)上に蒸着することもできる。薄い非磁気層(22)は磁気記録層(16)とソフトな磁気層(18)とを分離する。ソフトな磁気層(18)上には保護層(20)が設けられている。蒸着は、磁気記録層(16)の一体性を維持する条件下で達成される。



請求の範囲

1. a) 基板と、
b) 薄い磁気記録層と、
c) ソフトな磁気層と、
d) 磁気記録層とソフトな磁気層との間に介在された比較的薄い非磁気層とを有することを特徴とする磁気記録媒体。
2. 前記磁気記録層の直ぐ下に位置する保護層を更に有することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の磁気記録媒体。
3. a) ディスク基板と、
b) 該基板上に蒸着された薄い磁気記録層と、
c) 該磁気記録層上に蒸着された比較的薄い非磁気層と、
d) ソフトな磁気層とを有し、非磁気層が磁気記録層及びソフトな磁気層と物理的に接触するように、ソフトな磁気層が非磁気層上に直接蒸着されていることを特徴とする磁気記録媒体。
4. a) 周方向に組織化した表面を備えた亜硝酸ニッケルめっきアルミニウムディスクと、
b) 前記表面上に直接蒸着された保護層とを有し、該保護層がクロムからなり、
c) 保護層上に直接蒸着された薄い磁気記録層を有し、該磁気記録層が、
CoNiCr、CoCrTa、CoCrPt、CoNiPt及びCoNiCrPtからなる群から選択されたコバルト合金からなり、
d) 磁気記録層上に直接蒸着された比較的薄い非磁気層を有し、該非磁気層がシリコン、カーボン及びクロムからなる群から選択された材料からなり、
e) 非磁気層上に直接蒸着されたソフトな磁気層を有し、該ソフトな磁気層がCoZrNb、AlFeSi及びNiFeからなる群から選択された材料からなり、
f) ソフトな磁気層上に直接蒸着された保護層を更に有し、該保護層がカーボンからなることを特徴とする磁気記録媒体。
5. 前記保護層が約100～2,000 Åの間にあることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の磁気記録媒体。

磁気記録層及びソフトな磁気層と物理的に接触していることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

18. a) ディスク基板を設け、
b) 該ディスク基板上に薄い磁気記録層をスパッタリングし、
c) 該磁気記録層上に比較的薄い非磁気層を直接スパッタリングし、
d) 該非磁気層上にソフトな磁気層を直接スパッタリングする工程を有し、非磁気層が磁気記録層及びソフトな磁気層と物理的に接触していることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。
20. a) 亜硝酸ニッケルめっきアルミニウムディスク基板を設け、該基板が周方向に組織化された表面を有し、
b) 該組織化された表面上に保護層を直接スパッタリングし、
c) 該保護層上に薄い磁気記録層を直接スパッタリングし、
d) 該磁気記録層の一体性を維持し、
e) 磁気記録層上に比較的薄い非磁気層をスパッタリングし、
f) 該非磁気層上にソフトな磁気層をスパッタリングする工程を有し、非磁気層が磁気記録層とソフトな磁気層との間に配置され且つこれらの両層と物理的に接触しており、
g) ソフトな磁気層上に保護層をスパッタリングする工程を更に有することを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。
21. 磁気記録媒体に付与されるバイアス電流が信号伝達傾斜を形成する磁気記録媒体に使用する磁気記録媒体において、
a) 基板と、
b) 薄い磁気記録層と、
c) 該磁気記録層上に直接配置された比較的薄い非磁気層と、
d) 該非磁気層上に直接配置されたソフトな磁気層とを有し、該ソフトな磁気層が信号をキープするのに十分な厚さを有していることを特徴とする磁気記録媒体。
22. 磁気記録媒体に付与されるバイアス電流が信号伝達傾斜を形成する磁気記録媒体に使用する磁気記録媒体において、

6. 前記保護層が約200～1,000 Åの間にあることを特徴とする請求の範囲第5項に記載の磁気記録媒体。
7. 前記磁気記録層が約200～1,000 Åの間にあることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の磁気記録媒体。
8. 前記磁気記録層が約300～700 Åの間にあることを特徴とする請求の範囲第7項に記載の磁気記録媒体。
9. 前記非磁気層が約15～300 Åの間にあることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の磁気記録媒体。
10. 前記非磁気層が約25～100 Åの間にあることを特徴とする請求の範囲第9項に記載の磁気記録媒体。
11. 前記ソフトな磁気層の厚さがキープ層として作用するのに十分な厚さであることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の磁気記録媒体。
12. 前記ソフトな磁気層が、約700～1,200 Åの間の厚さを有するNiFeであることを特徴とする請求の範囲第11項に記載の磁気記録媒体。
13. 前記ソフトな磁気層が、約750 Åの厚さを有するNiFeであることを特徴とする請求の範囲第12項に記載の磁気記録媒体。
14. 前記ソフトな磁気層が、約250～600 Åの間の厚さを有するCoZrNbであることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の磁気記録媒体。
15. 前記ソフトな磁気層が、約350 Åの厚さを有するCoZrNbであることを特徴とする請求の範囲第14項に記載の磁気記録媒体。
16. 前記保護層が、約200～350 Åの間にあることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の磁気記録媒体。
17. 前記保護層が、約225～350 Åの間にあることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の磁気記録媒体。
18. a) 基板を設け、
b) 該基板上に薄い磁気記録層を蒸着し、
c) 該磁気記録層の一体性を維持し、
d) 磁気記録層上に比較的薄い非磁気層を直接蒸着し、
e) 非磁気層上にソフトな磁気層を直接蒸着する工程を有し、非磁気層が磁

- a) ディスク基板と、
b) 該基板上に直接配置された保護層と、
c) 該保護層上に直接配置された薄い磁気記録層と、
d) 該磁気記録層上に直接配置された比較的薄い非磁気層と、
e) 該非磁気層上に直接配置されたソフトな磁気層とを有し、該ソフトな磁気層が信号をキープするのに十分な厚さを有し、
d) ソフトな磁気層上に直接配置された保護層を更に有することを特徴とする磁気記録媒体。
23. 前記非磁気層が約25～300 Åの間の厚さを有することを特徴とする請求の範囲第21項に記載の磁気記録媒体。
24. 前記非磁気層が約25～150 Åの間の厚さを有することを特徴とする請求の範囲第21項に記載の磁気記録媒体。
25. 前記非磁気層が、シリコン、カーボン、クロム、二酸化ケイ素及びアルミナからなる群から選択された材料からなることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の磁気記録媒体。
26. a) 磁気信号を記憶し及び受けるための磁気的高飽和性材料からなる層と、ソフトな磁気材料の層と、これらの両層の間の比較的薄い非磁気層とを備えた磁気記録媒体と、
b) 磁気トランスデューサとを有し、該磁気トランスデューサは、該磁気トランスデューサが磁気記録媒体に磁気信号を記憶させ且つ磁気記録媒体から磁気信号を受けるように磁気記録媒体に対して配置されており、
c) 磁気記録媒体とヘッドとを相対移動させる手段と、
d) 信号伝達をトランスデューサと磁気記録媒体との間に指向させるべく、ソフトな磁気材料の層の傾斜を飽和させるトランスデューサ内にバイアス電流を発生させる手段とを更に有することを特徴とする磁気信号処理装置。
27. 磁気信号を記憶し及び受けるための磁気トランスデューサ及び磁気信号が伝達される隣接磁気記録媒体を用いて磁気信号を処理する方法において、
a) 磁気的高飽和性磁気記録層と、ソフトな磁気層と、これらの両層の間の比較的薄い非磁気層とを備えた磁気記録媒体を設け、

り) 磁気記録層の前後領域内に記憶されたデータからの磁束が磁気トランスデューサと磁気的にカップリングするように、ソフトな磁気層の領域を飽和させるトランスデューサ内に磁気バイアス磁束を発生させる工程を有することを特徴とする磁気信号処理方法。

軟磁性材料を用いた磁気記録媒体

発明の背景

発明の分野

本発明は磁気記録媒体に関し、より詳しくは、高透過率材料を用いた多層水平記録媒体に関する。

関連技術の説明

慣用的な記録媒体として、記録ディスク、テープ及び「フロッピー」ディスクがあり、一般に多層構造をなしている。磁気記録媒体のベースは、1層以上の磁性材料を機械的に支持する基板、一般には、亜硝酸ニッケルめっきアルミニウムディスク、又は熱可塑性テープ又はフィルムである。最後に、磁気ヘッド又は高圧による磁性材料の磨耗を防止するため、保護層が設けられる。

データは、磁気ヘッド及び電流を用いて磁気層内に磁化ゾーンのパターンを形成することにより記録媒体上に磁気的に記憶される。磁気層内の磁束反転により形成されるゾーン境界がデータを表す。従って、記憶されるデータ量は、大部分が、近接間隔を隔てた個々の磁束反転を支持する磁性材料の能力に基づいている。

磁性材料は、磁化容易軸の配向により特徴付けられる。この配向は、磁気層内の磁気反転子の配向と関連するエネルギー密度を最小にする磁性材料の結晶構造内の方向である。垂直記録媒体の場合には、磁化容易軸は磁性材料の層の表面に対して垂直である。水平記録媒体の場合には、磁化容易軸は磁気層の表面に対して平行である。慣用的なディスクドライブ（ディスク駆動装置）に現在使用されている水平記録媒体は、一般に、1インチ（約25.4mm）当たり約45,000個の磁束反転（45 kfc/i）のリニアビット密度を達成する。

垂直記録材料（媒体）はかなり高密度の記録を約束する。なぜならば、水平記録媒体の層平面とは異なり、垂直記録媒体は、磁気記録層の表面に対して垂直な磁化ゾーンのパターン内に、理論的により多くのデータをパックできるからである。

る。しかしながら、垂直記録材料を使用する磁気記録ディスクの商業的利益をもたらす開発が困難なため、水平記録材料が大きな商業的意味をもつものとなっている。

適当な磁性材料の選択は、加えられる磁界Hにより形成される、この材料のヒステリシスすなわち「BH」ループに関連して補助される。例えば、磁性材料に誘導された磁化の程度及び磁性材料内に記憶されたデータの対応する信号強度は、磁気記録フィルムとして、大きな磁気モーメントをもつ材料を使用することにより増大できる。従って所与の磁気記録ディスクでは、比較的大きな磁気モーメントをもつ磁性材料の比較的薄い層が、比較的小きな磁気モーメントをもつ磁性材料の厚い層と同じ強度の信号を与える。大きな磁気モーメントの材料の使用により実現できる他の利益は、より均一な磁界強度がヘッドにより検出されること、及びよりシャープに形成される磁気転移により記録されるデータ密度が高められることである。

磁気記録材料の方形性（squareness）、及び磁気飽和に対する残留磁化の比率は、付与された磁界がひとたび減少又は除去されたときに磁性材料中に保有されている信号の潜在的大きさを間接的に評価する。

BHループで表される磁性材料の別の重要な特徴は、飽和保磁力H_cである。コバルト合金及びクロムと鉄との幾つかの酸化物等の磁性材料のように、飽和保磁力H_cが数百エルステッド（Oe）より大きい場合には、「ハード（hard）（硬質）」であるとみなされる。これらの材料は、誘導磁化を保持し、材料を磁気記録材料として適したものにする。幾つかのニッケル-鉄合金のような「ソフト（soft）」な磁性材料（即ち、軟磁性材料）については、飽和保磁力H_cは数エルステッド程度である。このような材料は、比較的弱い磁界で容易に再磁化されるため、磁気ヘッドに有効に使用されている。飽和保磁力は、磁性材料を減磁するのに必要な磁界を評価し、且つ残留磁界に出会うときの自発消去を回避すると同時に比較容易にデータを覆書きできる大きさであるのが好ましい。

製造方法も、磁気記録媒体の特性の評価に大きな役割を演じる。例えば、ディスクの結晶化（texturization）のような基板の表面処理、及び磁気層の蒸着（deposition）の方法及びパラメータは、磁気記録特性を許容し且つ向上させる原

因構造の開発にとってしばしば重要である。

高性能の磁気記録媒体（特に、垂直記録フィルムによる磁気記録媒体）及びこれによりもたらされるであろう磁気信号処理装置のコスト低減を図ることへの要望は、これらを開発する研究に駆り立てた。1つの研究領域は、垂直媒体の磁気記録特性を向上させるための軟磁性材料を用いることに焦点を絞ったものである。例えば米国特許第4,717,582号及び第4,657,819号は、ニッケル-鉄（NiFe）合金（例えば「PERMALLOY」の商標で市販されている）のような軟磁性材料からなるフィルムを用いた2フィルム垂直記録媒体を開示している。前者の特許では、垂直記録層の高層前のフィルムからのガス発生及びフィルムの熱劣化を抑制するため、異なる厚さの2つのNiFe層を熱可塑性フィルム基板の両面に蒸着する。後者の特許は、磁気異方性誘導信号変動（magnetic anisotropy-induced signal fluctuations）を低減するため、垂直記録層の下に設けるNiFe層（3,000～10,000Å）の配合調節を開示している。

米国特許第5,041,922号（以下、「922号特許」と呼ぶ）及び「ゼロ再生間隔損失を有する高解像度フライング磁気ディスク記録装置（A High Resolution Flying Magnetic Disk Recording System with Zero Reproduce Spacing Loss）」という題名の関連技術論文（1991年8月の1988国際磁気学会論）は、「キーパ」として700ÅのNiFe層の使用を開示している。これらの刊行物は、磁気層上に直接スパッタリングされたNiFe層を備えた磁気記録媒体の一形状を開示している。922号特許では、1,000エルステッドの無電解コバルト-鋼磁気フィルム上に設けられた700ÅのNiFe層が、物理的空間すなわち読取り工程時のヘッドと磁気記録媒体との間のエアギャップによる出力信号の損失を有効に低減できることが報告されている。より詳しくは、間隔及び再生ギャップ損失の低減は、NiFe層と磁気記録層との間に必要な直接接触によることが明白である。従って、直ぐ下の磁気フィルムに記憶されたデータからの磁束は、上に設けられたNiFe層によって保持すなわち「キーパ」される。いかなる磁束もヘッドにより検出されず、従っていかなる信号も読み取られない。しかしながら、論文は、ヘッドにバイアスをかけると、ヘッドの下にNiFe層が飽和されることを述べている。この飽和が、これらの領域の透過率を低下させる。この結果、磁束が飽和NiFe領域を容

易に透過し、且つ磁束誘導信号がNiFe層の不飽和領域及びディスクとヘッドとの間の普通のエアギャップを通過してヘッドに導かれ、この場合には合成信号が検出される。

これらの刊行物に記載されているように、慣用的な磁気記録媒体の構造を単に真えるだけで1つの利益が得られる。すなわち、ソフトな磁気層を磁気記録層上に直接蒸着し且つ飽和バイアス磁束 (saturating bias flux) を付与することにより、間隔及び再生ギャップ損失を充分に減少させて、実際のヘッドフライング高さを低減させることなく又は小さなギャップをもつヘッドを必要とすることなくして大きなデータ密度を得ることができる。

磁気記録ディスクの、特に、高データ解像度の達成に関する商業的実用性は、ディスクに使用される磁気記録材料とヘッド及び他のディスク駆動電子部品との協調を必要とする。解像度は、符号間干渉レベルを最小にすることに大きな影響を受ける。

このため、ヘッドと磁性材料との間の相互作用の改善についての研究も、ヘッドの構造に焦点が合わされている。前述のように、磁気記録ディスクに対するヘッドの構造は、復帰信号 (readback signal) の強さに強い影響を与える。より詳しくは、フライングヘッドとディスクの表面との間の物理的分離は、出力信号の損失に寄与する。例えば、「間隔損失」は、特定ビットから、分離が増大するときヘッドにより検出される出力信号への磁束の寄与を減少させる。

ヘッドの構造自体は、前に記録されたデータを表す信号の成功裏の再生に重要な役割を演じる。薄フィルム (TF) 又はハードディスクドライブに使用される有限磁極ヘッド (finite pole heads) では、例えば、出力信号の損失の一端は有限磁極効果による。これらの効果は、ヘッドが特定の磁気転移を読み取るべく該磁気転移を横切ってスワイプするときに役割を演じるようになる。この運動中、ヘッド磁極の縁部は、隣接する磁気転移からの信号を感知でき、読み取られることを意図した磁気転移すなわち「ビット」からの信号と干渉する。出力信号のこの損失は、磁気転移 (magnetic transition) のサイズが減少するとき、すなわちデータ密度が低下するとき定期的に繰り返される傾向を有する。従って、曲線は、減少する出力信号 (データ密度は増大) を表す滑らかな曲線ではなく、磁気

転移の長さが磁極厚さ (pole thickness) の長さを近似する「ヘッドパンプ」を表す。有限磁極効果を低減させるのに、例えばフィルタの付加のように、重要なディスクドライブ電子部品を専用化するという高価な解決策が用いられている。現在及び将来のディスクドライブにおけるTFヘッドの使用の増大及び高データ密度への趨勢により、有限磁極効果による出力信号の損失は重大な問題を意味している。

ギャップ長さ効果すなわちギャップ「ゼロ」効果はまた、信号の重要な損失を引き起こす。隣接するデータビットを表す2つの磁気転移の長さがヘッドの磁極間のギャップ長さに近づくと、磁極は、各ビットを表す信号を有効に識別しないそればかりか、再生時に、1つのビットからの信号が、隣接するビットからの信号を殆どキャンセルしてしまう。なぜならば、これらの信号の建設的及び破壊的位相干渉の合成効果のためである。この結果、データ密度が増大するとき、これらの点で出力信号は事実上無くなりゼロとなり、ディスクドライブの誤り率の増大に寄与する。

間隔損失及びギャップゼロ効果による損失は、高密度記録の達成に対する2つの最大制限を代表する。上記議論により示唆されるように、磁気記録媒体自体の磁気記録特性を改善することにより、信号品質の幾分かの改善をなし得るけれども、優れた記録性能を得るための最大の可能性は間隔損失の低減にある。

磁気テープ記録性能に関する間隔損失の大きさは、次式すなわち、 $\text{間隔損失} = 5.5 d / \lambda$ で先ず説明される。ここで、 d はヘッドと記録媒体との間の距離、 λ は記録信号の波長である。この式は、フロッピーディスク及び「ハード」ディスク等の他の磁気記録媒体についての間隔損失を予想するための基礎として使用されている。

発明の要約

本発明の広い目的は、優れた磁気記録特性をもつ磁気記録媒体を提供することにある。

本発明によれば、上記目的は、基板と、該基板上に設けられる磁気記録層と、該磁気記録層上に直接設けられる非磁気層と、該非磁気層上に設けられるソフト

な磁気層とを有する磁気記録媒体を提供することにより達成される。好ましい実施例では、飽和バイアス磁束を付与すると、特定ビットに記憶されたデータ (該データは、飽和バイアス磁束が付与されない場合には、間隔損失の形跡をなすビット上のソフトな磁気材料 (軟磁性材料) の層により保持されている) からの磁束線が開き、ソフトな磁気材料の層に沿って且つヘッドに向かって「開流」する。他の全てのビットからの磁束線はキープされた状態に維持される。開流した磁束は、ディスクとヘッドとの間の距離に比べて大きい距離でも、ヘッドとカップリングする。

本発明の長所は、慣用的な磁気記録媒体に比べて大きなデータ記憶容量をもつ磁気記録媒体が得られることである。

本発明の他の長所は、慣用的な記録媒体から得られる信号強度に比べて改善された信号強度をもつ磁気記録媒体が得られることである。

本発明の他の長所は、優れた信号対雑音特性をもつ磁気記録媒体が得られることである。

本発明の他の長所は、間隔損失の小さくできることである。

本発明の他の長所は、読取り及び書き込み作動時の磁気記録ヘッドの効率を改善できることである。

本発明の他の長所は、本発明の磁気記録媒体がビットパターンの非常に小さな位相干渉を呈することである。

本発明の他の長所は、本発明の磁気記録媒体が、有限磁極効果及びギャップゼロ効果により出力信号の小さな損失を呈することである。

本発明の他の長所は、本発明の磁気記録媒体が優れたビットシフト特性をもつことである。

本発明の他の長所は、ソフトな磁性材料の薄層を含む多層磁気記録媒体に相溶性の大きな付加層を設けることにより、磁気記録媒体の磁気記録特性を実質的に向上させたことである。

本発明の他の長所は、ソフトな磁性材料と水平磁気記録媒体との間に薄い非磁気層を介在させることにより、磁気記録媒体の磁気記録特性を実質的に向上させたことである。

本発明の更に別の長所は、出力信号が、磁気記録媒体の粗さから生じるヘッドフライング高さの変動を殆ど感じないことである。

本発明は、種々の水平又は垂直記録材料、ソフトな磁性材料、非磁性材料及び基板に実施できる。また、本発明の磁気記録媒体の製造には、慣用的な蒸着方法を使用できる。更に、上記長所は、既存の製造技術及び設備を用いて、非常に低コストの非磁気層を付加することにより達成される。

図面の簡単な説明

本発明は、添付図面を参照することにより良く理解されるであろう。尚、全図面を通じて、同類部品には同一の参照番号が使用されている。

第1図は、従来技術において説明されているように、磁気記録層がソフトな磁気層に直接接触している磁気記録媒体を示す断面図である。

第2図は、従来技術に従って製造され且つ試験された磁気記録媒体についての報告された周波数応答を示すものである。

第3図は、従来技術の報告のように製造された磁気記録媒体についての観察された周波数応答を示すものである。

第4図は、本発明による磁気記録媒体を示す断面図である。

第5図及び第6図は、慣用的な磁気記録媒体の周波数応答と本発明による磁気記録媒体の周波数応答との比較を示すものである。

第7図は、慣用的な磁気記録媒体と本発明による磁気記録媒体についての間隔損失関係を示すものである。

第8図は、慣用的な磁気記録媒体の騒音特性を示すものである。

第9図は、本発明による磁気記録媒体の騒音特性を示すものである。

第10図は、慣用的な磁気記録媒体のビットシフト特性を示すものである。

第11図は、本発明による磁気記録媒体のビットシフト特性を示すものである。

第12図は、慣用的な磁気記録媒体の隔離パルスプロットを示すものである。

第13図は、本発明による磁気記録媒体の隔離パルスプロットを示すものである。

第14図は、慣用的なTFヘッドと、慣用的な磁気記録媒体及び本発明による

磁気記録層上に設けられたソフトな磁気層を備えた磁気記録媒体との相互作用の研究に使用した2次元コンピュータモデルを示す概略図である。

第15A図及び第15B図は、TFヘッドと慣用的な磁気記録媒体との間の磁気交換カップリングを示す拡大図である。

第16A図及び第16B図は、TFヘッドと本発明による記録層上に設けられたソフトな磁気層を備えた磁気記録媒体との間の磁気交換カップリングを示す拡大図である。

第17図は、慣用的な磁気記録媒体のBHループを示すものである。

第18図は、本発明による磁気記録媒体のBHループを示すものである。

第19図は、ソフトな磁気層が非磁気層及び磁気記録層の下に設けられた、本発明による磁気記録媒体を示す断面図である。

第20図は、TFヘッドと、本発明による磁気記録層の下に設けられたソフトな磁気層を備えた磁気記録媒体との相互作用の研究に使用した2次元コンピュータモデルを示す概略図である。

第21A図及び第21B図は、TFヘッドと磁気記録層の下に設けられたソフトな磁気層を備えた本発明による磁気記録媒体との間の磁気交換カップリングを示す拡大図である。

好ましい実施例の説明

ここに開示する実施例は、優れた磁気記録特性をもち且つ特に騒音及び強さに関して優れた信号品質をつくることのできる磁気記録媒体である。この結果、有効な信号レベルを維持することにより高データ密度を達成できる。全体的信号品質を改善するためのディスクドライブの高価な電子部品を用いる必要も皆無よく低減できる。また、本発明の磁気記録媒体は、進歩した電子部品と協働してデータ記憶容量を大幅に増大できる。922号特許は、第1図に示すように、基板12と、ソフトな磁気層18に直接接合している磁気記録層16とを備えた磁気記録媒体（ここでは、「直接接合」構造10と呼ぶ）を開示している。報告された構造は、高周波数での優れた信号強さを有し、且つ磁気記録層とソフトな磁気層との間の直接接合による間隔損失及び再生ギャップ損失を低減している。関連

する技術論文から採得した第2図は、「直接接合」構造に飽和バイアスをかけた磁気記録媒体の高データ密度での出力信号の報告された改善を示している。約70kfcIにおいてギャップゼロが明確に表れている。

この構造に基づく磁気記録特性の改善は再生できるものと考えられない。第3図に示すように、これらの結果を確認する1つの試みは、直接接合構造10の場合には、信号増幅は、慣用的な磁気記録媒体の信号増幅と比較して、低データ密度では僅かに改善されるけれども、高データ密度では大幅に損なわれてしまうことを示している。922号特許及び技術論文において示唆されているように、バイアスも信号増幅を改善することはない。

本発明は、ソフトな磁気層と磁気記録層との間に非磁気「遮断」層を介在させることにより、922号特許に開示されたものを越える再生可能な優れた磁気記録性能を奏得した。この構造は第4図に示されており、「遮断層」構造30と呼ぶことにする。より詳しくは、基板12上に（及び好ましくは任意の接層14を介して）、磁気記録層16が設けられており、磁気記録層16とソフトな磁気層18との間には非磁気層22が設けられている。ソフトな磁気層18上にはカーボンのような材料からなる保護層20が設けられている。

第5図は、上方の曲線の遮断層構造30と、下方の曲線の慣用的な磁気記録ディスクとを比較するものである。上方の曲線は、全密度範囲に亘って下方の曲線と比較した出力信号の実質的な利得（ゲイン）を示す。また、1kfcI〜70kfcI又はこれ以上のデータ密度範囲に亘って、信号の有効利得が顕著される。以下に詳述するように、間隔損失及びギャップ長さが小さいため、高データ密度でも使用可能な信号強度が得られる。

第6図の曲線は、狭いバンド幅に亘る高解像度での有限磁極効果の低減を示すものである。上方の曲線（遮断層構造30についての曲線）は滑らかであり且つ研究した周波数範囲において大きなヘッドパンプは全く見られない。下方の曲線（慣用的な磁気記録媒体についての曲線）は、幾つかのヘッドパンプ、及び22kfcI、35kfcI、48kfcI及び60kfcIにおける出力信号の低下を示している。

第7図は、全体的間隔損失の実質的な低減、すなわち、広範囲のヘッドフライング高さdに亘って、遮断層構造30を取り入れた磁気記録媒体により達成され

る取り遅れ間隔損失と書き込み間隔損失との結合と、慣用的な磁気記録媒体との比較を示すものである。信号は、28.5マイクロインチの波長（λ）で記録された。

古典的なウェーレス間隔損失は、慣用媒体については133d/λ、遮断層構造30については71d/λであると測定された。これらの均等化（133対71）の傾斜を比較すると、フライングヘッド高さの変化に対する信号感度がほぼ2のファクタだけ低下していることを示している。感度のこの低下は、磁気記録ディスクを機械的表面上に変化があり且つこれに付随するフライング高さの変化があっても、少なくとも充分な磁気記録性能が顕著されることを意味している。また、広範囲のフライング高さの横切って、慣用的な記録媒体の信号利得に比べ、遮断層構造の信号利得が大きいことが顕著される。

第8図及び第9図は、それぞれ、遮断層構造30から得られた信号対雑音比（SNR）及び慣用的な磁気記録ディスクから得られた信号対雑音比を質的に比較するものである。両曲線を精密に考察すると、遮断層構造30を取り入れた磁気記録媒体からは、出力信号の「床」より大きい雑音は殆ど検出されないことが明らかになる（ここで、「床」は、使用測定機器により導入される信号中の雑音の大きさにより定義される）。また、振幅は約10dBだけ大きく増大する。この結果、各ビットからの有用信号の比率（SNR）が増大する。

優れたビットシフトは、ヘッドと磁気記録媒体との間の優れた相互作用を示すものである。第10図及び第11図は、それぞれ、慣用的な磁気記録媒体から得られたビットシフトデータ及び本発明の磁気記録媒体から得られた改善されたビットシフトデータを示すものである。より詳しくは、両曲線の比較により、遮断層構造30を取り入れた磁気記録媒体では、10⁶ビット中の1ビットのソフトな誤り率であり、この誤り率では、50kfcIのデータ密度でも10ナノ秒（nsec）のビットシフトを維持できる。慣用的な磁気記録媒体では、このようなデータ密度で、ビットシフトがかなり大きな13.3nsecまで増大する。

第12図及び第13図は、それぞれ、慣用的な磁気記録媒体及び遮断層構造30からの隔離信号パルスの最大高さの50%でのパルス幅（PW50）を示すものである。第12図では、PW50は約72nsecである。信号の「真部」には、幾つかの非対称性、ヘッドパンプ、及び「小刻み波動（wiggle）」のような他の

雑音が表れている。対照的に、遮断層構造30では、非常に狭く且つきれいな信号が観察される。PW50は約55ナノ秒に減少し、信号にはヘッドパンプ及び非対称性のいずれも示されず且つウイングには事実上雑音は全く見られない。

これらの累積結果から、遮断層構造30では、約2のファクタだけデータ密度が増大するという予期せぬ事実が判明した。

磁気記録特性において観察された改善点は、磁気記録層とソフトな磁気層との間に遮断層を介在させることにより得られる。磁気交換カップリング効果を妨げることによるものである。より詳しくは、遮断層が、ソフトな磁気層と磁気記録層との間の磁気交換カップリングを妨げ、ソフトな磁気層及び磁気記録層が、ヘッドのバイアス電流により誘導された磁束に対して別々に反応することによると思われる。

第14図は、ソフトな磁気層M及び磁気記録層上に設けられた遮断層を備え且つビット49を読み取るべく慣用的なTFヘッド40により定着される媒体にバイアス電流を付与するときに生じる間隔損失の低減を研究するのに使用される2次元コンピュータモデルを概略的に示すものである。間隔損失は、所与のビットから、僅かな（約1mA）DCバイアス電流I_bを付与したときの概略的に示すヘッドコア45の存在及び作動を表す等価磁気抵抗を通る磁束のカップリングの変化により質的に表示される。生じる信号は、電圧V_oとして検出できる。該モデルの他のパラメータは次の通りである。すなわち、5マイクロインチのヘッドフライング高さdをもつ0.44ミクロンのギャップで分離されたヘッド40の磁極42A、42Bである。

第15A図及び第15B図は、再生又は読取り作動中の、TFヘッド40と慣用的な磁気記録媒体との相互作用を拡大して示すものである。周囲のビット50、52からの磁束線44、46、48は、ヘッドの磁極42A、42Bと、該磁極42A、42Bを相互連結するヘッドコア45の等価磁気抵抗を通してカップリングしているこれらのビットからの磁束とにカップリングしている。他の磁束線54、56は、隣接するビット50、52（これらも等価磁気抵抗を通してカップリングしている）から出ている。この結果、ヘッドにより検出される出力信号は1つ以上のビットからの磁束の成果である。

第16A図及び第16B図は、ヘッド40と遮断層構造30を取り入れた磁気記録媒体との相互作用を拡大して示すものである。磁気記録媒体は、基板と、775人（人）の磁気記録層と、100人のカーボン遮断層と、700人のキープ層と、250人のカーボン保護層とからなる。ヘッド40からの飽和バイアス磁束を付与すると、磁束線56、58（これらの磁束線は、飽和バイアス磁束を付与しないときには、ビット49上のキープ層により保持されている）は、キープ層に沿ってヘッドに向かって「漏洩」する。磁束線57、59により示すように、他の全てのビットからの磁束は、キープされた状態に維持される。ヘッド40と媒体との間の距離に比べてキープ層に沿う距離が大きくても、本質的に全ての漏洩磁束が、磁極を維持する等価磁気抵抗を運ってヘッドと磁気的にカップリングする。ヘッドにより検出された磁束のみが、読み取られるべき特定ビットからの磁束であるので、この磁束はより効率的にカップリングされ、ヘッド効率が改善される。この改善された効率は、観察した改善された磁気記録特性において明らかに表れている。

これらの磁気記録媒体の磁気特性の質的比較により、磁気交換カップリングの環路が支持される。第17図及び第18図は、それぞれ、慣用的な水平磁気記録媒体及び遮断層構造30のBHループである。第17図は典型的な形状のループであり、これは、付与された磁界内で極性のサイクルが変化する間、媒体が円周に切り替わることを示している。第18図のBHループの形状は、既述した対照をなしている。BHループの高さは異なっており、BHループの全高さ（すなわち、B軸に沿う寸法）は、ソフトな磁気層及び磁気記録層のモーメントの合計に基づいている。BHループの観測される不連続性は、いわゆる「パンプ」は、NiFe層18及び磁気層18の磁化が独立に切り替わることを示唆している。不連続性が、ソフトな磁気層と磁気層との間の磁気交換カップリングの遮断を明示しているといえる。パンプの位置は、遮断層構造を取り入れた磁気記録媒体におけるソフトな磁気層及び磁気記録層の相対比率を表示している。

遮断層構造30を取り入れた本発明の磁気記録媒体の製造には、慣用的な材料を使用できる。一般に、基板12は、ウインチェスターハードディスクドライブ技術に使用される亜硝酸ニッケルめっきアルミニウムディスク（nickel-phosph-

orus-plated aluminum disk）である。ガラス、カーボン及びセラミック材料等の非金属基板も適している。後の高着層の接着性を高めるため、ディスク表面は洗浄又は他の処理をしておく必要がある。また、後で蒸着する磁気記録層の所望の結晶形態を促進させるための、組織化又は研磨等の表面処理は知られたものである。或いは、基板12は、慣用的な磁気テープ記録媒体に適したテープ（例えばポリ塩化ビニリデン）又は慣用的なフロッピーディスクへの使用に適したポリエチレンテトラレート等の熱可塑性材料からなるシートで形成できる。後の蒸着を行うため、後者の基板の製造に他の表面処理を用いることができる。

磁気記録層16は、従来技術において良く知られているように、水平記録材料及び垂直記録材料として有効な種々の磁気組成のうちの任意の磁気組成から形成できる。本発明による磁気記録ディスクについては、磁気記録層16の厚さは200〜1,000人（人）の範囲（最も好ましくは、300〜700人の範囲）に定めることができる。

多結晶質の磁気記録材料は、磁気記録層16の下に核層14を蒸着して、所望の形態成長及び結晶成長を促進させ、これにより磁気記録層16の磁気特性の向上させる必要がある。例えば、コバルトクロム（CoCr）又はコバルトニッケル（CoNi）等のコバルト合金をベースとする多結晶質磁気記録材料の場合には、CoCr又はCoNiの磁気記録層16に必要な所望の密着六方（hcp）成長を確立するため、基板12と磁気層16との間に設けられるクロム（Cr）の層14が必要になる。本発明による磁気記録ディスクの場合には、核層の厚さは約100〜200人の範囲が好ましく、最も好ましくは約200〜1,000人の範囲である。

非磁気層22は、磁気記録層及びソフトな磁気層とは混和せず且つ両層磁気記録層の結晶構造を阻害することのない広範囲の種類の非磁気材料から形成できる。このような材料の例として、クロム、モリブデン及びタングステン等の金属、カーボン、シリコン及びゲルマニウム等のメタロイド（非金属）、これらの元素の合金、ガラス、アルミナ及び他の耐火材料、「PARALINE」の商標で販売されているようなエラストマ材料、更にはラッカーのような材料がある。非磁気遮断層材料の結晶形態は、その選択の考察が重要である。なぜならば、その形態がエビタクシによって後の高着層の磁気特性に影響を与えるからである。このことから、ソ

フトな磁気層又は磁気記録層のいずれかに特定の結晶形態を発生させるべく磁気記録層とソフトな磁気層との間に付加非磁気層を導入することは、本発明の範囲内のことであると考えられる。

非磁気遮断層の厚さは、磁気記録層とソフトな磁気層との間の磁気交換カップリングを十分に妨げる厚さにすべきである。しかしながら、例えば書き込み工程時に付加的な間隔損失に寄与することによる磁束誘導信号との干渉を回避するには、非磁気層の厚さは十分に薄くすべきである。従って、一般的には、この効果を達成するには薄層のみを必要とし、その厚さは約15〜300人で点であり、約25〜150人の厚さが好ましい。しかしながら、或る場合には、磁気記録層とソフトな磁気層との間の磁気交換カップリングを完全に防止するのに充分な単一層の厚さにほぼ等しい厚さの薄層を使用できる。

ソフトな磁気層18はドライブヘッド製造技術において良く知られた広範囲の種類のソフトな磁気材料から形成でき、これらの磁気材料として、純粋なNi、Fe又はCo或いはNiFe（「PERMALLOY」の商標で販売されている）を含むこれらの合金、又はアルミニウム-鉄-シリコン（AlFeSi、「SENDUST」の商標で販売されている）、コバルト-ジルコニウム-ニオブウム（CoZrNb）及び他の合金がある。ソフトな磁気材料は耐食性のあるものが理想的である。ソフトな磁気層として使用するのに適した他の材料は、ほぼゼロの磁歪を有するアモルファス合金又は多結晶質材料である。

一般に、ソフトな磁気層の厚さは、磁気記録層に記録されたデータからの全ての磁束を十分に保持すなわちキープできる厚さにすべきである。この効果は、単一のソフトな磁気層、又は薄い非磁気遮断層により分離される1つ以上のソフトな磁気材料の幾つかの層からなる積層により達成される。必要とされる実際の厚さは、ソフトな磁気層として使用される材料のモーメントの関数である。例えば、本発明による磁気記録ディスクについては、NiFeからなるソフトな磁気層18を約700〜1,200人（人）（最も好ましくは約750人）の範囲の厚さにすることができる。CoZrNbからなるソフトな磁気層18については、CoZrNbのモーメントがNiFeのモーメントの約2倍であると予想して、約350人の厚さで充分である。

遮断層構造30は、ソフトな磁気層18が磁気記録層18の上に配置されたも

のが図示されているけれども、本発明の範囲内において逆の構造のものを考えることができる。すなわち、第19図に示すように、ソフトな磁気層18を基板12及び核層14上に直接蒸着させ、この磁気層18上に非磁気層22を、次に磁気記録層16を蒸着させた遮断層構造60を製造することもできる。

第20図は、遮断層構造60を取り入れた磁気記録媒体のための2次元コンピュータモデルを概略的に示すものである。ソフトな磁気層Mは、ビット49、50、52が設けられた磁気記録層の下にある。非磁気遮断層22は、磁気記録層からソフトな磁気層を分離している。その他の点では、モデルのパラメータは、第14図に関連して説明したものと同じである。

このモデルは、このような媒体が、ソフトな磁気層が磁気記録層の上に設けられた遮断層構造30を取り入れた媒体に観察される磁束カップリング及びヘッド効率に少なくとも匹敵する大きさの磁束カップリング及びヘッド効率の改善を達成できるものと予測する。

第21A図及び第21B図は、読み取り作動中のTFヘッド40と媒体との相互作用を拡大して示すものである。バイアス電流をかけた場合を再び説明すると、磁束線56、58（これらは、バイアス電流をかけない場合にはビット49の下にキープ層により保持されている）は、キープ層に沿ってヘッドに向かって「漏洩」する。他の全てのビット50、52からの磁束は、磁束線57、59により示すようにキープされた状態に維持される。前述のように、ヘッド効率は、単一転移からの磁束の増大したカップリング又はヘッド磁極をもつビット49により改善される。

最後の層20は、摩擦効果及び磁気信号処理装置内に存在するあらゆる蒸気による腐食効果から本発明による磁気記録媒体を保護する。従来技術において知られているように、保護層20は、ロジウムを含む金属、又はカーボン等の非金属材料、及び無機非金属材料、窒化物及び酸化物（例えばシリカ又はアルミナ）で形成することができる。磁気記録ディスクの場合には、厚さは約200〜350人（人）にでき、カーボンの厚さは約225〜350人が最も好ましい。

遮断層構造30を備えた磁気記録媒体は、基板12上への各層の連続蒸着により製造される。好ましい構造は、400人のCr下層14と、500人のコバルト

ークロム-タンタル (CoCrTa) 層 1 6 と、2 5 人のカーボン遮断層 2 2 と、700 人のNiFe層 1 8 と、3 0 0 人の保護カーボン層 2 0 を使用する。別の好ましい構造は、4 0 0 人のCr下層 1 4 と、5 0 0 人のCoCrTa層 1 6 と、2 5 人のシリコン遮断層と、4 0 0 人のCoCrNb層 1 8 と、3 0 0 人の保護カーボン層 2 0 とを使用する。

種々の層の蒸着 (堆積) は、例えばスパッタリング、めっき、蒸着又は他の薄膜フィルム蒸着方法等の従来技術において良く知られた手段を単独又は組み合わせることにより達成される。所望の薄膜フィルムを蒸着するのに、例えば化学酸化、コーティング、スピニング、ペーキング又は重合等の、慣用的な磁気記録ディスク製造方法に比べて新しい他の手段を用いることができ、特にこれらの方は非金属材料に適用できる。

ソフトな磁気層と磁気記録層との磁気的スイッチングの顕著な不連続性の重要性を認めるとき、本発明で説明する構造の達成において重要なファクタは、次の非磁気層 1 8 の蒸着まで、磁気記録層 1 6 の一体性を維持することである。スパッタリング装置では、フィルムの一体性は、次の層を蒸着するまで各層の酸化及び汚染を最小にする装置内の真空環境により非常に容易に維持される。本発明の媒体の多層構造は、本願において援用する係属中の米国特許出願第07/681,866 号に記載されているようなインラインD C マグネトロンスパッタリング方法及び装置 (高度に真空化された多チャンバスパッタリング装置内で層間の一体性が容易に維持される) で製造された。製造される磁気記録媒体の磁気特性を適合させるべく、他の蒸着パラメータを選択して厚さ及び形態等のフィルム特性を最適化することができる。例えば、このようなスパッタリング方法では、スパッタリングされたフィルムの磁気特性を高める形態的構造 (morphological structure) にとって、比較的低いスパッタリング圧力 (約2ミクロンアルゴン) が有効である。

前述のように、読み取るべきビット領域のソフトな磁気層を飽和させるには、極く僅かのバイアス電流を付与するだけでよい。付与される実際の電流は、使用されるT F ヘッド、その効率、及び磁気記録媒体のソフトな磁気層の厚さに従って変化する。しかしながら、飽和を達成するのに充分な大きさのバイアス電流の

みでよく、これは一般に約0.5 ~1.5 mAの範囲である。この電流はA C (交流) 又はD C (直流) のいずれでもよいが、D Cの方が好ましい。

要約すれば、本発明の磁気記録媒体は、ソフトな磁気層と薄い磁気記録層との間に介在される比較的薄い非磁気層を設けることにより磁気記録特性を改善する。慣用的な磁気記録媒体で達成されるよりも実質的に高いデータ密度でも、全体的信号強度及び品質を向上できる。本発明の新規な磁気記録媒体の製造には、広範囲の慣用的な材料及び製造技術を使用できる。

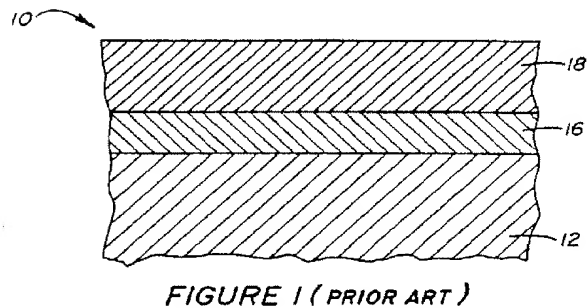


FIGURE 1 (PRIOR ART)

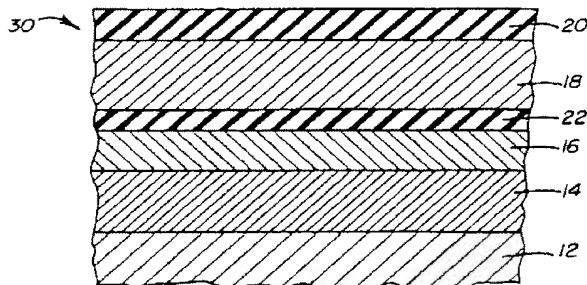


FIGURE 4

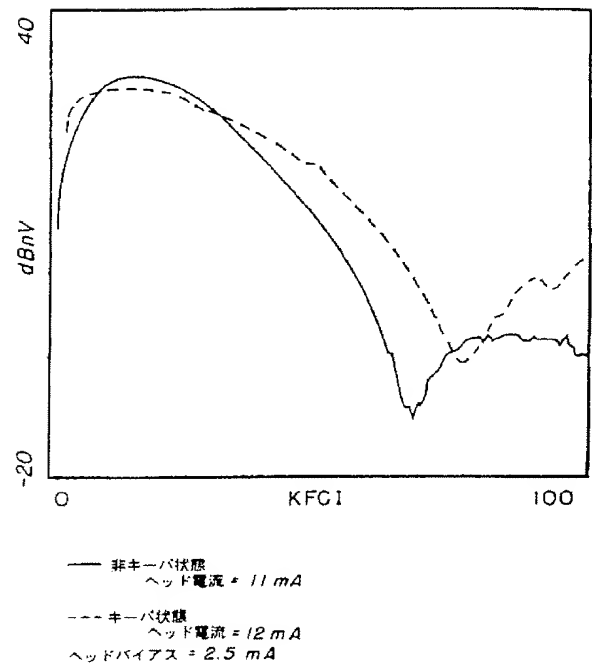


FIGURE 2

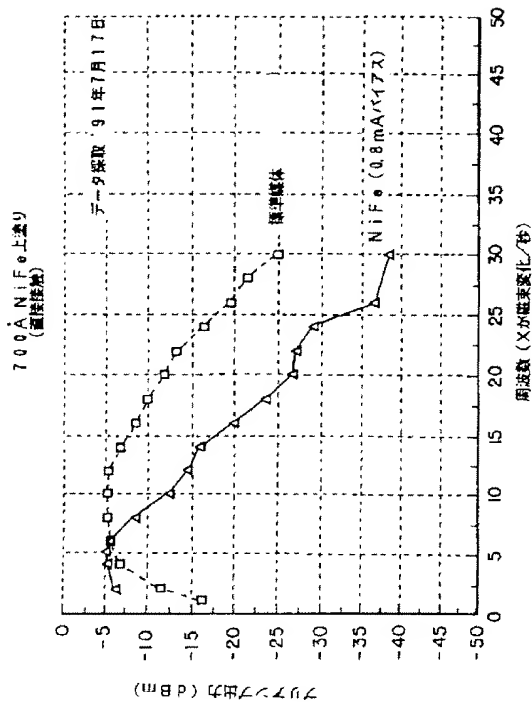


FIGURE 3

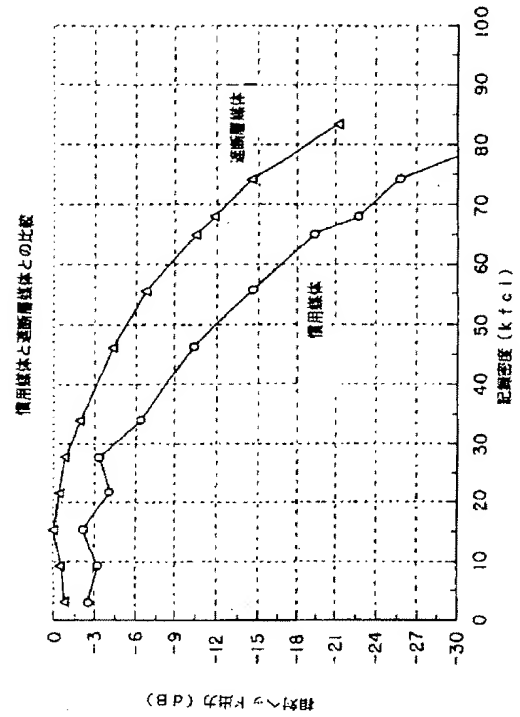


FIGURE 5

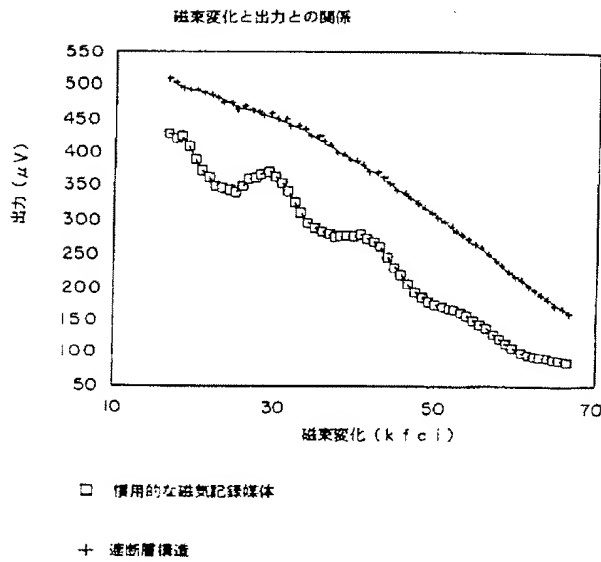


FIGURE 6

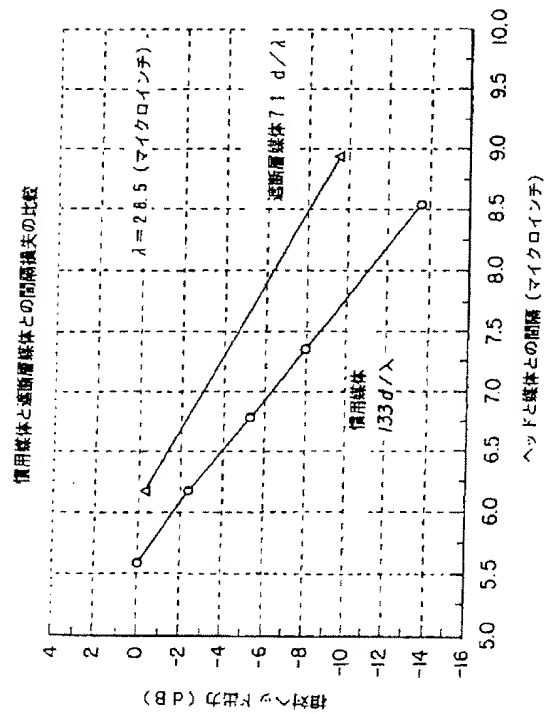


FIGURE 7

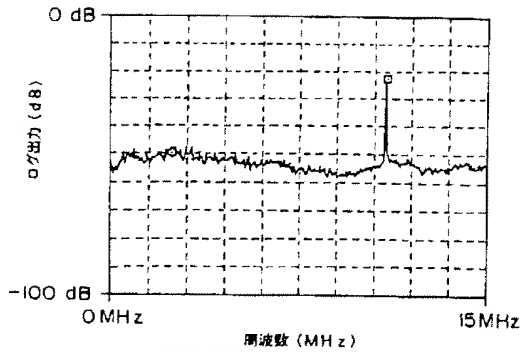


FIGURE 8

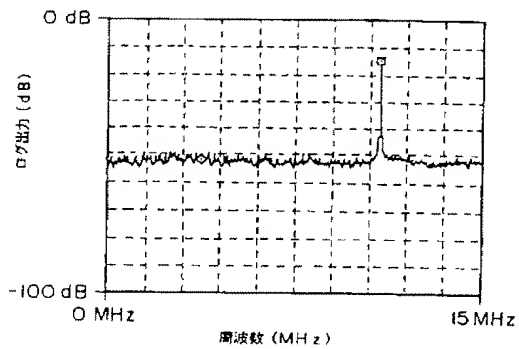


FIGURE 9

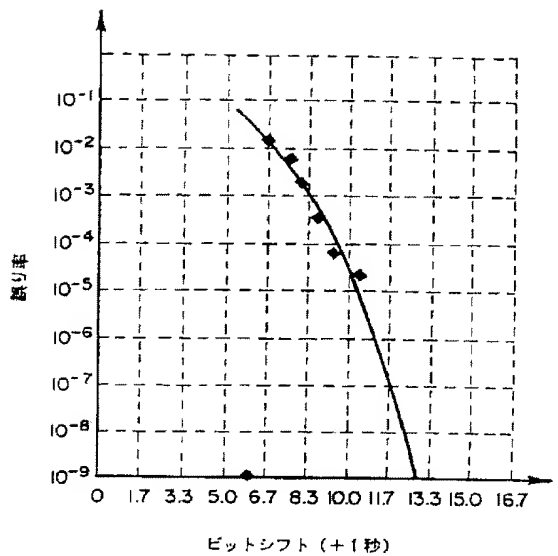


FIGURE 10

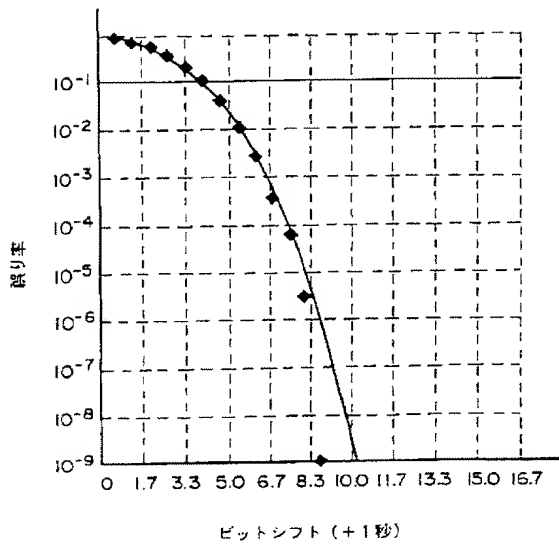


FIGURE 11

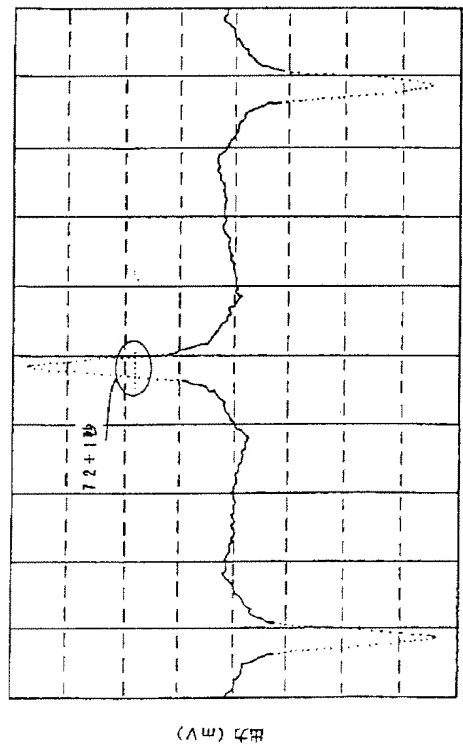
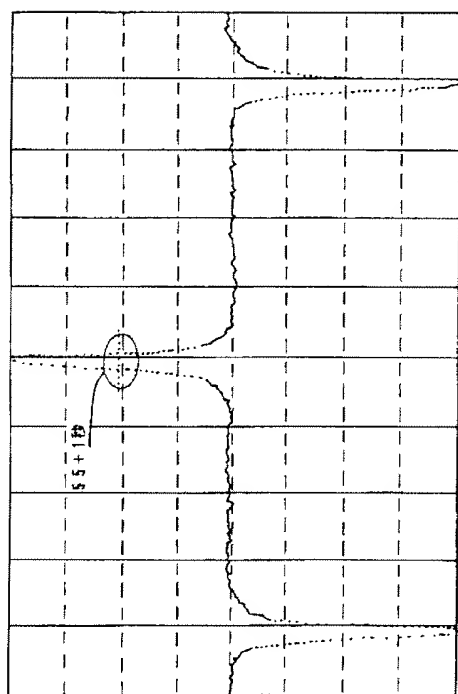


FIGURE 12



(mV) 41

FIGURE 13

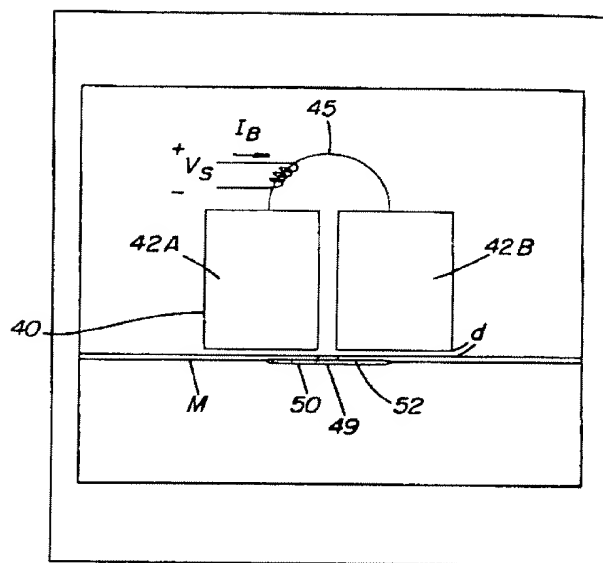


FIGURE 14

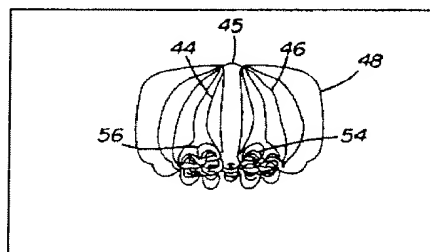


FIGURE 15A (PRIOR ART)

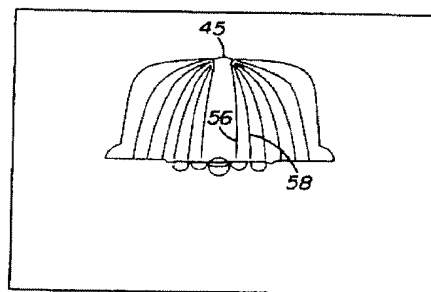


FIGURE 16A

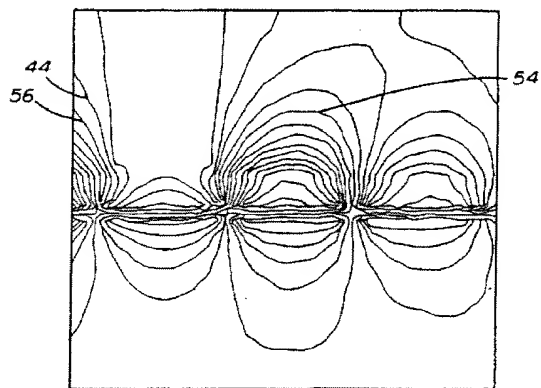


FIGURE 15B (PRIOR ART)

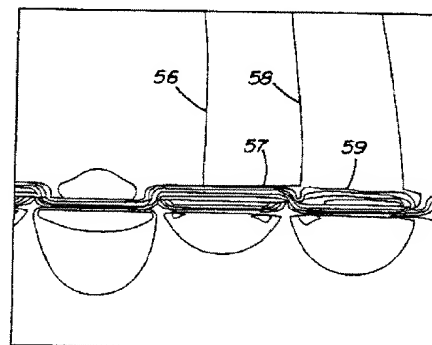


FIGURE 16B

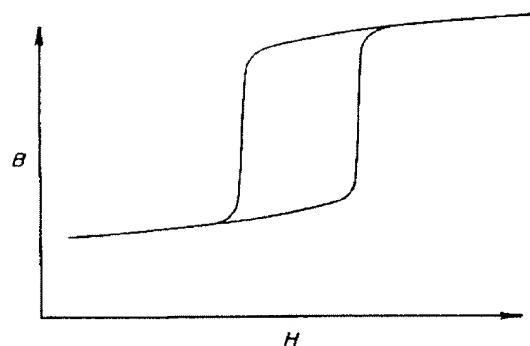


FIGURE 17 (PRIOR ART)

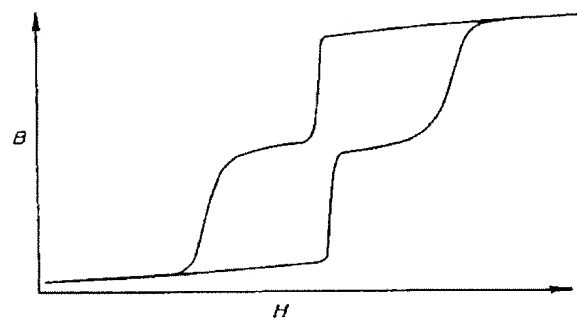


FIGURE 18

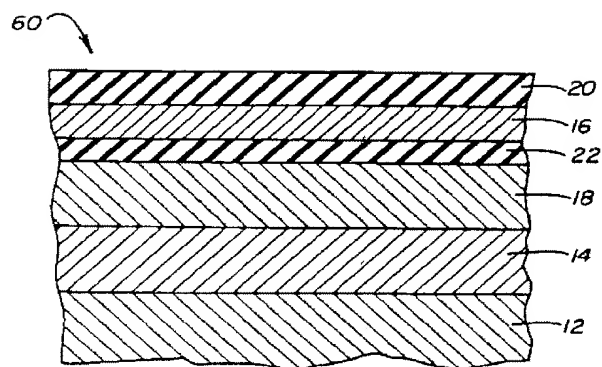


FIGURE 19

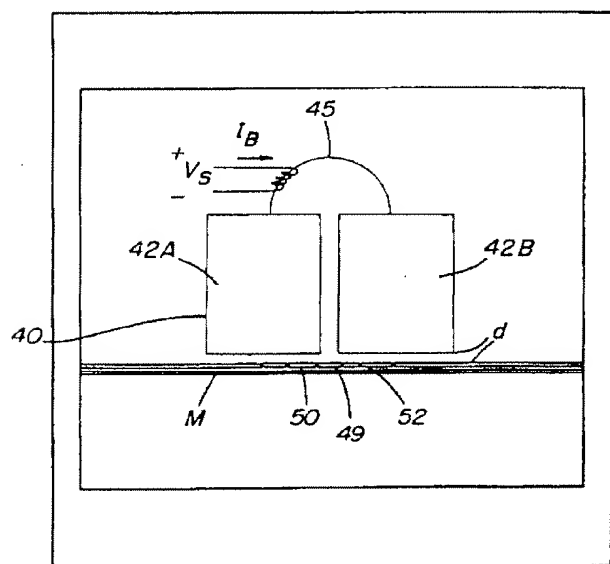


FIGURE 20

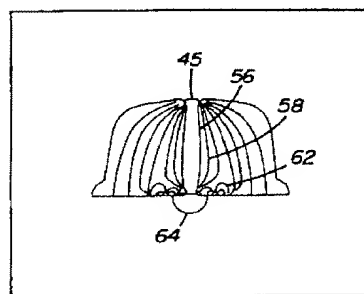


FIGURE 21A

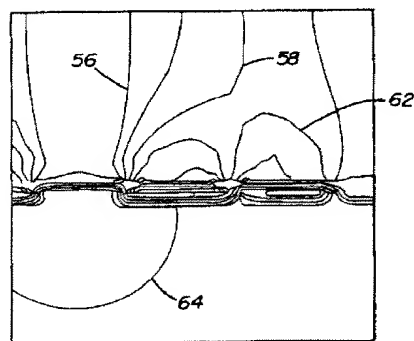


FIGURE 21 B

国際調査報告		International Application No. PCT/JP93/10665
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7) 360B 5/04, 5/06, 5/08, 5/10, 5/12, 5/14, 5/16, 5/18, 5/20, 5/22, 5/24, 5/26, 5/28, 5/30, 5/32, 5/34, 5/36, 5/38, 5/40, 5/42, 5/44, 5/46, 5/48, 5/50, 5/52, 5/54, 5/56, 5/58, 5/60, 5/62, 5/64, 5/66, 5/68, 5/70, 5/72, 5/74, 5/76, 5/78, 5/80, 5/82, 5/84, 5/86, 5/88, 5/90, 5/92, 5/94, 5/96, 5/98, 6/00, 6/02, 6/04, 6/06, 6/08, 6/10, 6/12, 6/14, 6/16, 6/18, 6/20, 6/22, 6/24, 6/26, 6/28, 6/30, 6/32, 6/34, 6/36, 6/38, 6/40, 6/42, 6/44, 6/46, 6/48, 6/50, 6/52, 6/54, 6/56, 6/58, 6/60, 6/62, 6/64, 6/66, 6/68, 6/70, 6/72, 6/74, 6/76, 6/78, 6/80, 6/82, 6/84, 6/86, 6/88, 6/90, 6/92, 6/94, 6/96, 6/98, 7/00, 7/02, 7/04, 7/06, 7/08, 7/10, 7/12, 7/14, 7/16, 7/18, 7/20, 7/22, 7/24, 7/26, 7/28, 7/30, 7/32, 7/34, 7/36, 7/38, 7/40, 7/42, 7/44, 7/46, 7/48, 7/50, 7/52, 7/54, 7/56, 7/58, 7/60, 7/62, 7/64, 7/66, 7/68, 7/70, 7/72, 7/74, 7/76, 7/78, 7/80, 7/82, 7/84, 7/86, 7/88, 7/90, 7/92, 7/94, 7/96, 7/98, 8/00, 8/02, 8/04, 8/06, 8/08, 8/10, 8/12, 8/14, 8/16, 8/18, 8/20, 8/22, 8/24, 8/26, 8/28, 8/30, 8/32, 8/34, 8/36, 8/38, 8/40, 8/42, 8/44, 8/46, 8/48, 8/50, 8/52, 8/54, 8/56, 8/58, 8/60, 8/62, 8/64, 8/66, 8/68, 8/70, 8/72, 8/74, 8/76, 8/78, 8/80, 8/82, 8/84, 8/86, 8/88, 8/90, 8/92, 8/94, 8/96, 8/98, 9/00, 9/02, 9/04, 9/06, 9/08, 9/10, 9/12, 9/14, 9/16, 9/18, 9/20, 9/22, 9/24, 9/26, 9/28, 9/30, 9/32, 9/34, 9/36, 9/38, 9/40, 9/42, 9/44, 9/46, 9/48, 9/50, 9/52, 9/54, 9/56, 9/58, 9/60, 9/62, 9/64, 9/66, 9/68, 9/70, 9/72, 9/74, 9/76, 9/78, 9/80, 9/82, 9/84, 9/86, 9/88, 9/90, 9/92, 9/94, 9/96, 9/98, 10/00, 10/02, 10/04, 10/06, 10/08, 10/10, 10/12, 10/14, 10/16, 10/18, 10/20, 10/22, 10/24, 10/26, 10/28, 10/30, 10/32, 10/34, 10/36, 10/38, 10/40, 10/42, 10/44, 10/46, 10/48, 10/50, 10/52, 10/54, 10/56, 10/58, 10/60, 10/62, 10/64, 10/66, 10/68, 10/70, 10/72, 10/74, 10/76, 10/78, 10/80, 10/82, 10/84, 10/86, 10/88, 10/90, 10/92, 10/94, 10/96, 10/98, 11/00, 11/02, 11/04, 11/06, 11/08, 11/10, 11/12, 11/14, 11/16, 11/18, 11/20, 11/22, 11/24, 11/26, 11/28, 11/30, 11/32, 11/34, 11/36, 11/38, 11/40, 11/42, 11/44, 11/46, 11/48, 11/50, 11/52, 11/54, 11/56, 11/58, 11/60, 11/62, 11/64, 11/66, 11/68, 11/70, 11/72, 11/74, 11/76, 11/78, 11/80, 11/82, 11/84, 11/86, 11/88, 11/90, 11/92, 11/94, 11/96, 11/98, 12/00, 12/02, 12/04, 12/06, 12/08, 12/10, 12/12, 12/14, 12/16, 12/18, 12/20, 12/22, 12/24, 12/26, 12/28, 12/30, 12/32, 12/34, 12/36, 12/38, 12/40, 12/42, 12/44, 12/46, 12/48, 12/50, 12/52, 12/54, 12/56, 12/58, 12/60, 12/62, 12/64, 12/66, 12/68, 12/70, 12/72, 12/74, 12/76, 12/78, 12/80, 12/82, 12/84, 12/86, 12/88, 12/90, 12/92, 12/94, 12/96, 12/98, 13/00, 13/02, 13/04, 13/06, 13/08, 13/10, 13/12, 13/14, 13/16, 13/18, 13/20, 13/22, 13/24, 13/26, 13/28, 13/30, 13/32, 13/34, 13/36, 13/38, 13/40, 13/42, 13/44, 13/46, 13/48, 13/50, 13/52, 13/54, 13/56, 13/58, 13/60, 13/62, 13/64, 13/66, 13/68, 13/70, 13/72, 13/74, 13/76, 13/78, 13/80, 13/82, 13/84, 13/86, 13/88, 13/90, 13/92, 13/94, 13/96, 13/98, 14/00, 14/02, 14/04, 14/06, 14/08, 14/10, 14/12, 14/14, 14/16, 14/18, 14/20, 14/22, 14/24, 14/26, 14/28, 14/30, 14/32, 14/34, 14/36, 14/38, 14/40, 14/42, 14/44, 14/46, 14/48, 14/50, 14/52, 14/54, 14/56, 14/58, 14/60, 14/62, 14/64, 14/66, 14/68, 14/70, 14/72, 14/74, 14/76, 14/78, 14/80, 14/82, 14/84, 14/86, 14/88, 14/90, 14/92, 14/94, 14/96, 14/98, 15/00, 15/02, 15/04, 15/06, 15/08, 15/10, 15/12, 15/14, 15/16, 15/18, 15/20, 15/22, 15/24, 15/26, 15/28, 15/30, 15/32, 15/34, 15/36, 15/38, 15/40, 15/42, 15/44, 15/46, 15/48, 15/50, 15/52, 15/54, 15/56, 15/58, 15/60, 15/62, 15/64, 15/66, 15/68, 15/70, 15/72, 15/74, 15/76, 15/78, 15/80, 15/82, 15/84, 15/86, 15/88, 15/90, 15/92, 15/94, 15/96, 15/98, 16/00, 16/02, 16/04, 16/06, 16/08, 16/10, 16/12, 16/14, 16/16, 16/18, 16/20, 16/22, 16/24, 16/26, 16/28, 16/30, 16/32, 16/34, 16/36, 16/38, 16/40, 16/42, 16/44, 16/46, 16/48, 16/50, 16/52, 16/54, 16/56, 16/58, 16/60, 16/62, 16/64, 16/66, 16/68, 16/70, 16/72, 16/74, 16/76, 16/78, 16/80, 16/82, 16/84, 16/86, 16/88, 16/90, 16/92, 16/94, 16/96, 16/98, 17/00, 17/02, 17/04, 17/06, 17/08, 17/10, 17/12, 17/14, 17/16, 17/18, 17/20, 17/22, 17/24, 17/26, 17/28, 17/30, 17/32, 17/34, 17/36, 17/38, 17/40, 17/42, 17/44, 17/46, 17/48, 17/50, 17/52, 17/54, 17/56, 17/58, 17/60, 17/62, 17/64, 17/66, 17/68, 17/70, 17/72, 17/74, 17/76, 17/78, 17/80, 17/82, 17/84, 17/86, 17/88, 17/90, 17/92, 17/94, 17/96, 17/98, 18/00, 18/02, 18/04, 18/06, 18/08, 18/10, 18/12, 18/14, 18/16, 18/18, 18/20, 18/22, 18/24, 18/26, 18/28, 18/30, 18/32, 18/34, 18/36, 18/38, 18/40, 18/42, 18/44, 18/46, 18/48, 18/50, 18/52, 18/54, 18/56, 18/58, 18/60, 18/62, 18/64, 18/66, 18/68, 18/70, 18/72, 18/74, 18/76, 18/78, 18/80, 18/82, 18/84, 18/86, 18/88, 18/90, 18/92, 18/94, 18/96, 18/98, 19/00, 19/02, 19/04, 19/06, 19/08, 19/10, 19/12, 19/14, 19/16, 19/18, 19/20, 19/22, 19/24, 19/26, 19/28, 19/30, 19/32, 19/34, 19/36, 19/38, 19/40, 19/42, 19/44, 19/46, 19/48, 19/50, 19/52, 19/54, 19/56, 19/58, 19/60, 19/62, 19/64, 19/66, 19/68, 19/70, 19/72, 19/74, 19/76, 19/78, 19/80, 19/82, 19/84, 19/86, 19/88, 19/90, 19/92, 19/94, 19/96, 19/98, 20/00, 20/02, 20/04, 20/06, 20/08, 20/10, 20/12, 20/14, 20/16, 20/18, 20/20, 20/22, 20/24, 20/26, 20/28, 20/30, 20/32, 20/34, 20/36, 20/38, 20/40, 20/42, 20/44, 20/46, 20/48, 20/50, 20/52, 20/54, 20/56, 20/58, 20/60, 20/62, 20/64, 20/66, 20/68, 20/70, 20/72, 20/74, 20/76, 20/78, 20/80, 20/82, 20/84, 20/86, 20/88, 20/90, 20/92, 20/94, 20/96, 20/98, 21/00, 21/02, 21/04, 21/06, 21/08, 21/10, 21/12, 21/14, 21/16, 21/18, 21/20, 21/22, 21/24, 21/26, 21/28, 21/30, 21/32, 21/34, 21/36, 21/38, 21/40, 21/42, 21/44, 21/46, 21/48, 21/50, 21/52, 21/54, 21/56, 21/58, 21/60, 21/62, 21/64, 21/66, 21/68, 21/70, 21/72, 21/74, 21/76, 21/78, 21/80, 21/82, 21/84, 21/86, 21/88, 21/90, 21/92, 21/94, 21/96, 21/98, 22/00, 22/02, 22/04, 22/06, 22/08, 22/10, 22/12, 22/14, 22/16, 22/18, 22/20, 22/22, 22/24, 22/26, 22/28, 22/30, 22/32, 22/34, 22/36, 22/38, 22/40, 22/42, 22/44, 22/46, 22/48, 22/50, 22/52, 22/54, 22/56, 22/58, 22/60, 22/62, 22/64, 22/66, 22/68, 22/70, 22/72, 22/74, 22/76, 22/78, 22/80, 22/82, 22/84, 22/86, 22/88, 22/90, 22/92, 22/94, 22/96, 22/98, 23/00, 23/02, 23/04, 23/06, 23/08, 23/10, 23/12, 23/14, 23/16, 23/18, 23/20, 23/22, 23/24, 23/26, 23/28, 23/30, 23/32, 23/34, 23/36, 23/38, 23/40, 23/42, 23/44, 23/46, 23/48, 23/50, 23/52, 23/54, 23/56, 23/58, 23/60, 23/62, 23/64, 23/66, 23/68, 23/70, 23/72, 23/74, 23/76, 23/78, 23/80, 23/82, 23/84, 23/86, 23/88, 23/90, 23/92, 23/94, 23/96, 23/98, 24/00, 24/02, 24/04, 24/06, 24/08, 24/10, 24/12, 24/14, 24/16, 24/18, 24/20, 24/22, 24/24, 24/26, 24/28, 24/30, 24/32, 24/34, 24/36, 24/38, 24/40, 24/42, 24/44, 24/46, 24/48, 24/50, 24/52, 24/54, 24/56, 24/58, 24/60, 24/62, 24/64, 24/66, 24/68, 24/70, 24/72, 24/74, 24/76, 24/78, 24/80, 24/82, 24/84, 24/86, 24/88, 24/90, 24/92, 24/94, 24/96, 24/98, 25/00, 25/02, 25/04, 25/06, 25/08, 25/10, 25/12, 25/14, 25/16, 25/18, 25/20, 25/22, 25/24, 25/26, 25/28, 25/30, 25/32, 25/34, 25/36, 25/38, 25/40, 25/42, 25/44, 25/46, 25/48, 25/50, 25/52, 25/54, 25/56, 25/58, 25/60, 25/62, 25/64, 25/66, 25/68, 25/70, 25/72, 25/74, 25/76, 25/78, 25/80, 25/82, 25/84, 25/86, 25/88, 25/90, 25/92, 25/94, 25/96, 25/98, 26/00, 26/02, 26/04, 26/06, 26/08, 26/10, 26/12, 26/14, 26/16, 26/18, 26/20, 26/22, 26/24, 26/26, 26/28, 26/30, 26/32, 26/34, 26/36, 26/38, 26/40, 26/42, 26/44, 26/46, 26/48, 26/50, 26/52, 26/54, 26/56, 26/58, 26/60, 26/62, 26/64, 26/66, 26/68, 26/70, 26/72, 26/74, 26/76, 26/78, 26/80, 26/82, 26/84, 26/86, 26/88, 26/90, 26/92, 26/94, 26/96, 26/98, 27/00, 27/02, 27/04, 27/06, 27/08, 27/10, 27/12, 27/14, 27/16, 27/18, 27/20, 27/22, 27/24, 27/26, 27/28, 27/30, 27/32, 27/34, 27/36, 27/38, 27/40, 27/42, 27/44, 27/46, 27/48, 27/50, 27/52, 27/54, 27/56, 27/58, 27/60, 27/62, 27/64, 27/66, 27/68, 27/70, 27/72, 27/74, 27/76, 27/78, 27/80, 27/82, 27/84, 27/86, 27/88, 27/90, 27/92, 27/94, 27/96, 27/98, 28/00, 28/02, 28/04, 28/06, 28/08, 28/10, 28/12, 28/14, 28/16, 28/18, 28/20, 28/22, 28/24, 28/26, 28/28, 28/30, 28/32, 28/34, 28/36, 28/38, 28/40, 28/42, 28/44, 28/46, 28/48, 28/50, 28/52, 28/54, 28/56, 28/58, 28/60, 28/62, 28/64, 28/66, 28/68, 28/70, 28/72, 28/74, 28/76, 28/78, 28/80, 28/82, 28/84, 28/86, 28/88, 28/90, 28/92, 28/94, 28/96, 28/98, 29/00, 29/02, 29/04, 29/06, 29/08, 29/10, 29/12, 29/14, 29/16, 29/18, 29/20, 29/22, 29/24, 29/26, 29/28, 29/30, 29/32, 29/34, 29/36, 29/38, 29/40, 29/42, 29/44, 29/46, 29/48, 29/50, 29/52, 29/54, 29/56, 29/58, 29/60, 29/62, 29/64, 29/66, 29/68, 29/70, 29/72, 29/74, 29/76, 29/78, 29/80, 29/82, 29/84, 29/86, 29/88, 29/90, 29/92, 29/94, 29/96, 29/98, 30/00, 30/02, 30/04, 30/06, 30/08, 30/10, 30/12, 30/14, 30/16, 30/18, 30/20, 30/22, 30/24, 30/26, 30/28, 30/30, 30/32, 30/34, 30/36, 30/38, 30/40, 30/42, 30/44, 30/46, 30/48, 30/50, 30/52, 30/54, 30/56, 30/58, 30/60, 30/62, 30/64, 30/66, 30/68, 30/70, 30/72, 30/74, 30/76, 30/78, 30/80, 30/82, 30/84, 30/86, 30/88, 30/90, 30/92, 30/94, 30/96, 30/98, 31/00, 31/02, 31/04, 31/06, 31/08, 31/10, 31/12, 31/14, 31/16, 31/18, 31/20, 31/22, 31/24, 31/26, 31/28, 31/30, 31/32, 31/34, 31/36, 31/38, 31/40, 31/42, 31/44, 31/46, 31/48, 31/50, 31/52, 31/54, 31/56, 31/58, 31/60, 31/62, 31/64, 31/66, 31/68, 31/70, 31/72, 31/74, 31/76, 31/78, 31/80, 31/82, 31/84, 31/86, 31/88, 31/90, 31/92, 31/94, 31/96, 31/98, 32/00, 32/02, 32/04, 32/06, 32/08, 32/10, 32/12, 32/14, 32/16, 32/18, 32/20, 32/22, 32/24, 32/26, 32/28, 32/30, 32/32, 32/34, 32/36, 32/38, 32/40, 32/42, 32/44, 32/46, 32/48, 32/50, 32/52, 32/54, 32/56, 32/58, 32/60, 32/62, 32/64, 32/66, 32/68, 32/70, 32/72, 32/74, 32/76, 32/78, 32/80, 32/82, 32/84, 32/86, 32/88, 32/90, 32/92, 32/94, 32/96, 32/98, 33/00, 33/02, 33/04, 33/06, 33/08, 33/10, 33/12, 33/14, 33/16, 33/18, 33/20, 33/22, 33/24, 33/26, 33/28, 33/30, 33/32, 33/34, 33/36, 33/38, 33/40, 33/42, 33/44, 33/46, 33/48, 33/50, 33/52, 33/54, 33/56, 33/58, 33/60, 33/62, 33/64, 33/66, 33/68, 33/70, 33/72, 33/74, 33/76, 33/78, 33/80, 33/82, 33/84, 33/86, 33/88, 33/90, 33/92, 33/94, 33/96, 33/98, 34/00, 34/02, 34/04, 34/06, 34/08, 34/10, 34/12, 34/14, 34/16, 34/18, 34/20, 34/22, 34/24, 34/26, 34/28, 34/30, 34/32, 34/34, 34/36, 34/38, 34/40, 34/42, 34/44, 34/46, 34/48, 34/50, 34/52, 34/54, 34/56, 34/58, 34/60, 34/62, 34/64, 34/66, 34/68, 34/70, 34/72, 34/74, 34/76, 34/78, 34/80, 34/82, 34/84, 34/86, 34/88, 34/90, 34/92, 34/94, 34/96, 34/98, 35/00, 35/02, 35/04, 35/06, 35/08, 35/10, 35/12, 35/14, 35/16, 35/18, 35/20, 35/22, 35/24, 35/26, 35/28, 35/30, 35/32, 35/34, 35/36, 35/38, 35/40, 35/42, 35/44, 35/46, 35/48, 35/50, 35/52, 35/54, 35/56, 35/58, 35/60, 35/62, 35/64, 35/66, 35/68, 35/70, 35/72, 35/74, 35/76, 35/78, 35/80, 35/82, 35/84, 35/86, 35/88, 35/90, 35/92, 35/94, 35/96, 35/98, 36/00, 36/02, 36/04, 36/06, 36/08, 36/10, 36/12, 36/14, 36/16, 36/18, 36/20, 36/22, 36/24, 36/26, 36/28, 36/30, 36/32, 36/34, 36/36, 36/38, 36/40, 36/42, 36/44, 36/46, 36/48, 36/50, 36/52, 36/54, 36/56, 36/58, 36/60, 36/62, 36/64, 36/66, 36/68, 36/70, 36/72, 36/74, 36/76, 36/78, 36/80, 36/82, 36/84, 36/86, 36/88, 36/90, 36/92, 36/94, 36/96, 36/98, 37/00, 37/02, 37/04, 37/06, 37/08, 37/10, 37/12, 37/14, 37/16, 37/18, 37/20, 37/22, 37/24, 37/26, 37/28, 37/30, 37/32, 37/34, 37/36, 37/38, 37/40, 37/42, 37/44, 37/46, 37/48, 37/50, 37/52, 37/54, 37/56, 37/58, 37/60, 37/62, 37/64, 37/66, 37/68, 37/70, 37/72, 37/74, 37/76, 37/78, 37/80, 37/82, 37/84, 37/86, 37/88, 37/90, 37/92, 37/94, 37/96, 37/98, 38/00, 38/02, 38/04, 38/06, 38/08, 38/10, 38/12, 38/14, 38/16, 38/18, 38/20, 38/22, 38/24, 38/26, 38/28, 38/30, 38/32, 38/34, 38/36, 38/38, 38/40, 38/42, 38/44, 38/46, 38/48, 38/50, 38/52, 38/54, 38/56, 38/58, 38/60, 38/62, 38/64, 38/66, 38/68, 38/70, 38/72, 38/74, 38/76, 38/78, 38/80, 38/82, 38/84, 38/86, 38/88, 38/90, 38/92, 38/94, 38/96, 38/98, 39/00, 39/02, 39/04, 39/06, 39/08, 39/10, 39/12, 39/14, 39/16, 39/18, 39/20, 39/22, 39/24, 39/26, 39/28, 39/30, 39/32, 39/34, 39/36, 39/38, 39/40, 39/42, 39/44, 39/46, 39/48, 39/50, 39/52, 39/54, 39/56, 39/58, 39/60, 39/62, 39/64, 39/66, 39/68, 39/70, 39/72, 39/74, 39/76, 39/78, 39/80, 39/82, 39/84, 39/86, 39/88, 39/90, 39/92, 39/94, 39/96, 39/98, 40/00, 40/02, 40/04, 40/06, 40/08, 40/10, 40/12, 40/14, 40/16, 40/18, 40/20, 40/22, 40/24, 40/26, 40/28, 40/30, 40/32, 40/34, 40/36, 40/38, 40/40, 40/42, 40/44, 40/46, 40/48, 40/50, 40/52, 40/54, 40/56, 40/58, 40/60, 40/62, 40/64,		